

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. März 2002 (14.03.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/20964 A1

(51) Internationale Patentklassifikation: **F02D 37/02**,
41/40, F02P 5/152, F02D 21/08

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/02941

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. August 2001 (02.08.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 43 693.5 4. September 2000 (04.09.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SAULER, Jürgen**

[DE/DE]; Am Kochenhof 3, 70192 Stuttgart (DE).
TORNO, Oskar [DE/DE]; Schillerstrasse 10, 71701
Schwieberdingen (DE). **HEINSTEIN, Axel** [DE/DE];
Wenntalstrasse 22, 71229 Wimsheim (DE). **KLUTH,**
Carsten [DE/DE]; Sankt Pöltener Strasse 60a, 70469
Stuttgart (DE). **HAEMING, Werner** [DE/DE]; Nachti-
gallenweg 15, 74861 Neudenu (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, AND A CORRESPONDING DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE UND ENTSPRECHENDE VOR-
RICHTUNG

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine, and to a corresponding device. According to the invention, a combustion of a fuel in a fuel-air mixture introduced into a cylinder occurs inside at least one cylinder. At least one adjusting device is used to influence at least one physical process, which modifies the distribution of the constituents and/or the entire composition of the fuel-air mixture inside the at least one cylinder. In the occurrence of knocking, a knocking control is used to gradually adjust an ignition angle in the at least one cylinder from a fundamental ignition angle to an advance angle in order to effect a late ignition. When the adjustment of the at least one adjusting device exceeds a predeterminable first threshold value and/or the alteration of the at least one physical process exceeds a predeterminable second threshold value, the advance angle is rapidly reduced in a step-by-step manner, whereby the rapid reduction ensues with a large increment and/or with a high frequency of the steps.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine und eine entsprechende Vorrichtung beschrieben, bei dem in mindestens einem Zylinder eine Verbrennung eines in den Zylinder eingebrachten Kraftstoffs in einem Kraftstoff-Luft-Gemisch stattfindet. Mittels mindestens einer Stelleinrichtung wird mindestens ein physikalischer Vorgang beeinflusst, der die Verteilung der Bestandteile und/oder die Gesamtzusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemischs in dem mindestens einen Zylinder verändert. Bei Auftreten von Klopfen wird mittels einer Klopfregelung ein Zündwinkel in dem mindestens einen Zylinder stufenweise von einem Grundzündwinkel um einen Verstellwinkel nach Spät verstellt. Wenn die Verstellung der mindestens einen Stelleinrichtung einen vorgebbaren ersten Schwellwert und/oder die Änderung des mindestens einen physikalischen Vorgangs einen vorgebbaren zweiten Schwellwert überschreitet, wird der Verstellwinkel schrittweise schnell verkleinert, wobei die schnellere Verkleinerung durch eine grössere Schrittweite und/oder durch eine höhere Frequenz der Schritte erfolgt.



WO 02/20964 A1

5

10 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine und
entsprechende Vorrichtung

Stand der Technik

15 Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben
einer Brennkraftmaschine und einer entsprechenden
Vorrichtung nach Gattung der unabhängigen Ansprüche.

Es ist bereits ein Verfahren zum Betreiben einer
20 Brennkraftmaschine und eine entsprechende Vorrichtung
bekannt, bei denen in mindestens einem Zylinder eine
Verbrennung eines in den Zylinder eingebrachten Kraftstoffs
in einem Kraftstoff-Luft-Gemisch stattfindet. Es sind
weiterhin Stalleinrichtungen, beispielsweise das
25 Abgasrückführungsventil, eine Nockenwellenverstellung für
den Einlass und/oder den Auslass, eine variable
Ventilsteuerung oder eine Ladungsbewegungsklappe bekannt,
die physikalische Vorgänge wie beispielsweise die
Abgasrückführungsrate, die Intensität der Bewegung des
30 Kraftstoff-Luft-Gemisch, die Menge der zugeführten
Frischlufte oder die Menge des zugeführten Kraftstoff-Luft-
Gemischs beeinflussen, wobei diese physikalischen Vorgänge
die Verteilung der Bestandteile und/oder die
Gesamtzusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemischs im
35 Zylinder verändern.

Desweiteren sind für Brennkraftmaschinen Klopfmerkungs-
und Klopfregelungssysteme bekannt, so dass ein Auftreten von
Klopfen in einem Zylinder erkannt werden wird, wobei nach
5 Auftreten eines Klopfsignals der Zündwinkel nach Spät
verstellt wird.

Bei einer Erhöhung der Rate des rückgeführten Abgases wird
bei bekannten Brennkraftmaschinen der Basiszündwinkel um
10 einen festen, vorgegebenen Winkel nach Früh verstellt.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße
15 Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche
haben demgegenüber den Vorteil, dass die Brennkraftmaschine
bei dynamischen Betriebszuständen an der Klopfgrenze
betrieben werden kann, so dass ein maximaler Wirkungsgrad
erreicht wird.

20 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind
vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im
unabhängigen Anspruch angegebenen Verfahrens sowie der im
unabhängigen Anspruch angegebenen Vorrichtung möglich.

25 Besonders vorteilhaft ist, bei einer Änderung der
Abgasrückführungsrate die Brennkraftmaschine schnell an der
Klopfgrenze betreiben zu können. Dies gilt ebenfalls für
eine Änderung der Stellung der Ladungsbewegungsklappe oder
für eine nockenwellenverstellungsbedingte oder variable
30 ventilverstellungsbedingte Änderung der Luftzufuhr oder der
Kraftstoff-Luft-Gemisch-Zufuhr. Eine zusätzliche
Beschleunigung der Heranführung an die Klopfgrenze wird
erreicht, wenn zu dem Grundzündwinkel zusätzlich ein
Frühverstellwinkel addiert wird. Es ist weiterhin
35 vorteilhaft, die Verkleinerung des Verstellwinkels für alle

Zylinder gleichzeitig vorzunehmen, da so für alle Zylinder sofort die Anpassung an die neuen Bedingungen erreicht werden kann. In bestimmten Fällen, wenn die einzelnen Zylinder sich in ihren Eigenschaften stark unterscheiden, ist es vorteilhaft, die schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels zylinderindividuell vorzunehmen. Es ist weiterhin vorteilhaft, bei Aktivierung der schnellen Verkleinerung des Verstellwinkels den Referenzwert schnell mitzuführen, da auch die Klopferkennung schnell an die neuen Bedingungen angepasst werden sollte. Bei Auftreten von Klopfen oder bei einer Lastdynamik ist es dann ratsam, um Klopfen zu vermeiden, die schnelle Verkleinerung abzubrechen.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Klopfen, d.h. ein anormaler Verbrennungsvorgang im Brennraum einer Brennkraftmaschine, begrenzt die Leistung und den Wirkungsgrad und führt durch die hohen Flammgeschwindigkeiten zu Schädigungen des Brennraums. Um dies zu verhindern, werden in modernen Brennkraftmaschinen Systeme zur Klopferkennung und Klopfregelung integriert. Derartige Systeme sind aus der Literatur hinreichend bekannt, ihre Funktionsweise soll deshalb im Folgenden lediglich kurz zusammengefasst werden.

Mittels der zur Klopferkennung gehörenden Klopfensoren werden Signale aus dem Brennraum erfasst, die an eine ebenfalls zur Klopferkennung gehörende Auswerteeinheit weitergegeben werden. Derartige Signale können beispielsweise akustische Signale, elektromagnetische Signale, elektrische Signale, Drucksignale oder Temperatursignale sein, die innerhalb oder außerhalb des Brennraums durch die Klopfensoren aufgenommen werden. Die Auswerteeinheit nimmt eine Verstärkung der Signale vor und

integriert die Signale in geeigneter Weise, so dass in einem in der Brennkraftmaschine enthaltenen Mikroprozessor nach einer Analog-/Digitalwandlung der Signale der integrierte Wert $U_{INT,aktuell}$ mit einem Schwellwert verglichen werden kann, wobei bei Überschreitung des Schwellwerts ein Klopfen erkannt wird. In der Auswerteeinheit kann weiterhin zur Unterdrückung von Störsignalen beispielsweise eine Auswahl eines bestimmten Frequenzbandes bzw. eine Auswahl bezüglich eines bestimmten Zeitfensters erfolgen, wobei das Frequenzband bzw. das Zeitfenster charakteristisch für das Auftreten von Klopfsignalen ist.

Das aktuelle digitalisierte Klopfsignal $U_{INT,aktuell}$ wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel zur Klopfkennung durch den Mikroprozessor mit einem Referenzwert $U_{REF,alt}$ des jeweiligen aktuellen Zylinders verglichen. Der Vergleich beinhaltet die Ermittlung einer relativen Klopfintensität RKI , die sich als Quotient aus dem aktuellen Klopfsignal und dem zylinderindividuellen Referenzwert ergibt:

$$RKI = \frac{U_{INT,aktuell}}{U_{REF,alt}}.$$

Die relative Klopfintensität RKI wird anschließend mit einem Klopfkennungsschwellwert verglichen. Auch in diesem Ausführungsbeispiel wird der Klopfkennungsschwellwert wiederum durch den Mikroprozessor bereitgestellt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird dabei ein zylinderindividueller Klopfkennungsschwellwert für den aktuellen Zylinder bereitgestellt.

Der zylinderindividuelle Referenzwert $U_{REF,alt}$, der zur Berechnung der relativen Klopfintensität RKI benötigt wird, wird laufend an den aktuellen Betriebszustand der Brennkraftmaschine angepasst. Dies geschieht mit Hilfe eines Nachführfaktors N , mit dessen Hilfe ein neuer zylinderindividueller Referenzwert $U_{REF,neu}$ berechnet wird,

in dem das aktuelle Klopfsignal $U_{INT,aktuell}$ berücksichtigt wird. Die Berechnung des neuen zylinderindividuellen Referenzwerts $U_{REF,neu}$ erfolgt vorzugsweise mittels folgender Gleichung:

5

$$U_{REF,neu} = \frac{N-1}{N} \times U_{REF,alt} + \frac{1}{N} \times U_{INT,aktuell} .$$

10 Wurde ein Klopfen erkannt, dann wird von dem in der Brennkraftmaschine integrierten Mikroprozessor die Klopfregelung dahingehend vorgenommen, dass zu einem Grundzündwinkel ein Verstellwinkel addiert wird, wobei die Summe den Basiszündwinkel bildet. Dabei wird der Basiszündwinkel weiter nach Spät verschoben, je größer der Verstellwinkel ist. Der Verstellwinkel wird im Rahmen dieser
15 Anmeldung als positiver Wert definiert. Die Spätverstellung des Basiszündwinkels bewirkt eine Reduzierung des Klopfens. Tritt erneut ein Klopfen auf, dann wird der Basiszündwinkel durch Erhöhung des Verstellwinkels erneut nach Spät verschoben. Von der Momentenstruktur wird außerdem aufgrund
20 der Momentenanforderungen ein momentenbasierter Zündwinkel berechnet, der den frühest möglichen Zündwinkel darstellt. Der Basiszündwinkel und der momentenbasierte Zündwinkel werden in dem Verfahren zur Berechnung des Zündwinkels anschließend miteinander verglichen, wobei als zu
25 realisierender Zündwinkel der spätere der beiden Zündwinkel dient. Der Grundzündwinkel wird dabei aus einem last- und/oder drehzahlabhängigen Kennfeld gelesen, das Zündwinkel bei Normbedingungen enthält und im Mikroprozessor der Brennkraftmaschine gespeichert ist. Es enthält Werte für den
30 Grundzündwinkel, die bestimmten Bereichen der Drehzahl und/oder der Last zugeordnet sind. Die Drehzahl wird dabei von Sensoren ermittelt, die vorzugsweise an der Kurbelwelle angebracht sind. Die Last, d.h. die relative Luftfüllung des jeweiligen Zylinders, wird durch den Mikroprozessor aufgrund

verschiedener Betriebsparameter wie Drehzahl,
Momentenanforderung sowie aufgrund der Messwerte des
Heißfilm-Luftmassenmessers (HFM) und des
Saugrohrdrucksensors, der Rate des rückgeführten Abgases
5 oder der Stellung der Drosselklappe mit Hilfe von Modellen
ermittelt und für die Ermittlung des Grundzündwinkels
bereitgestellt. Die relative Luftfüllung ist definiert als
das Verhältnis aus der aktuellen Luftfüllung und der
Luftfüllung unter Normbedingungen für den jeweiligen
10 Zylinder. Die Verstellung des Zündwinkels durch die
Klopfregelung erfolgt solange, bis kein Klopfen mehr
auftritt. Die Verstellung des Zündwinkels in den einzelnen
Schritten addiert sich zu einem Verstellwinkel, der die
Gesamtverstellung des Basiszündwinkels bezogen auf den
15 Grundzündwinkel angibt. Tritt über einen bestimmten Zeitraum
kein Klopfen mehr auf, dann wird durch die Klopfregelung der
Basiszündwinkel wieder nach Früh verstellt. Entsprechend
verkleinert sich der Verstellwinkel.

20 Eine Abgasrückführung beinhaltet die Rückführung von Abgas
zu einer erneuten Verbrennung in den Brennraum. Sie kann
sowohl in einer benzindirekteinspritzenden
Brennkraftmaschine als auch in einer Brennkraftmaschine mit
Saugrohreinjection durchgeführt werden. Eine
25 Abgasrückführung schließt dabei sowohl eine interne als auch
eine externe Abgasrückführung ein, wobei als interne
Abgasrückführung der Vorgang bezeichnet wird, bei dem im
Zylinder das Abgas nicht vollständig ausgestoßen wird,
sondern Abgas im Zylinder verbleibt, das im nächsten
30 Arbeitszyklus wieder Bestandteil des Kraftstoff-Luft-
Gemischs im Zylinder ist. Die externe Abgasrückführung
umfasst die Rückführung von Abgas aus dem Abgastrakt in das
Saugrohr der Brennkraftmaschine. Die Rate des extern
rückgeführten Abgases wird dabei über das
35 Abgasrückführungsventil beeinflusst, welches wiederum durch

den Mikroprozessor gesteuert wird. Die Rate des intern rückgeführten Abgases kann durch die Ein- und Auslassnockenwellenstellung oder durch die variable Ventilverstellung beeinflusst werden. Dabei wird durch die Stellung der Nockenwelle der Kurbelwellenwinkel verändert, bei dem die Ventile öffnen und, da die Kurbelwellenwinkelspanne, bei der die Ventile geöffnet sind, nicht verändert wird, wird mit einer Veränderung der Stellung der Nockenwelle auch der Kurbelwellenwinkel geändert, bei dem die Ventile schließen. Dabei ist in einem Ausführungsbeispiel die Nockenwellenverstellung aller Ventile eines Zylinders und in einem anderen Ausführungsbeispiel die Nockenwellenverstellung der Einlassventile und der Auslassventile separat möglich. Mittels der variablen Ventilverstellung kann das Öffnen und das Schließen eines jeden Ventils beliebig beeinflusst werden. Bei einer Erhöhung der Rate des rückgeführten Abgases wird der Sauerstoffgehalt des im Zylinder befindlichen Kraftstoff-Luft-Gemischs verringert, so dass die Entstehung anormaler Verbrennungsvorgänge im Brennraum erschwert und die Verbrennungsspitzen­temperatur gesenkt wird.

Die Stellung der Ladungsbewegungsklappe ermöglicht in einer Brennkraftmaschine die Steuerung der Intensität der Ladungsbewegung. Das Saugrohr besitzt im Bereich des Einlassventils zwei geometrisch verschieden geformte Kanäle. Die Ladungsbewegungsklappe ist das Stellglied in einem der Kanäle, um die Luftströmung unterschiedlich auf die beiden Kanäle aufzuteilen und damit die Bewegung der Ladung einzustellen. Ein Kanal ist so ausgebildet, dass der Luft beim Durchströmen eine Bewegung senkrecht zur Hauptströmungsrichtung aufgezwungen wird, der andere Kanal ist möglichst strömungsgünstig geformt, um den Strömungswiderstand gering zu halten. Bei Einschnürung des

Einlasskanals durch die Ladungsbewegungsklappe wird eine hohe Ladungsbewegung erzielt.

5 Erfindungsgemäß wird nun, wenn die Erhöhung der Rate des rückgeführten Abgases einen vorgebbaren und applizierbaren Ratenänderungsschwellwert überschreitet, die schnelle Frühverstellung aktiviert, bei der der Verstellwinkel schnell verkleinert wird. Die schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels wird erreicht, indem der Verstellwinkel in
10 großen Schritten und/oder mit einer hohen Frequenz verkleinert wird. Die Verkleinerung erfolgt damit schneller als bei der oben beschriebenen Verkleinerung des Verstellwinkels, wenn über längere Zeiträume kein Klopfen mehr aufgetreten ist. Die schnelle Verkleinerung führt dazu,
15 dass der Motor schnell an die Klopfgrenze, die bei einer Änderung der Abgasrückführungsrate verändert wurde, betrieben wird. Damit kann ein hoher Wirkungsgrad erreicht werden.

20 Bei Auftreten von Klopfen bzw. bei Vorliegen einer Last- bzw. Drehzahldynamik wird die schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels wieder deaktiviert und die Klopfregelung wird normal weiterbetrieben, indem der Verstellwinkel bei Klopfen vergrößert wird oder, wenn nach einem bestimmten
25 Zeitraum kein Klopfen erfolgte, der Verstellwinkel wieder verkleinert wird. Dabei wird durch den Mikroprozessor eine Lastdynamik und eine Drehzahldynamik erkannt, wenn die Laständerung einen Lastschwellwert bzw. einen Drehzahlschwellwert überschreitet.

30 Die schnelle Verkleinerung bzw. die normale Klopfregelung wird durch den Mikroprozessor gesteuert. Auch die Steuerung der Verstellglieder wie Abgasrückführungsventil, Nockenwellenverstellung, variable Ventilverstellung,
35 Ladungsbewegungsklappe wird durch den Mikroprozessor

vorgenommen. Im Mikroprozessor sind ferner alle in Zusammenhang mit vorliegender Erfindung erwähnten Schwellwerte gespeichert.

5 Analog wird eine Änderung der Abgasrückführungsrate auch erreicht, wenn die Abgasrückführungsventilverstellung, die Nockenwellenverstellung, also die Ein- und Auslassnockenwellenverstellung, verändert wird oder die variable Ventilverstellung verändert wird. Dabei wirkt sich
10 die Abgasrückführungsventilverstellung auf die externe Rate des rückgeführten Abgases und die Nockenwellenverstellung sowie die variable Ventilverstellung auf die interne Rate des rückgeführten Abgases aus. Überschreitet die jeweilige Verstellung einen jeweiligen vorgebbaren, applizierbaren
15 Schwellwert (den Abgasrückführungsventiländerungsschwellwert, den Ein-/Auslassnockenwellenänderungsschwellwert oder den ersten Ventiländerungsschwellwert), dann wird der Verstellwinkel wie oben beschrieben, schnell verkleinert.

20 In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird auch dann, wenn die Intensität der Bewegung des Kraftstoff-Luft-Gemischs durch die starke Änderung der Stellung der Ladungsbewegungsklappe stark verändert wird,
25 der Verstellwinkel wie oben beschrieben schnell verkleinert. Die starke Änderung der Stellung der Ladungsbewegungsklappe wird durch Überschreiten des vorgebbaren, applizierbaren Ladungsbewegungsklappenänderungsschwellwert gemessen.

30 In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird bei einer starken Änderung Menge der zugeführten Frischluft bzw. der Menge des Kraftstoff-Luft-Gemischs die oben beschriebene schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels aktiviert. Die Änderung der Menge der
35 zugeführten Frischluft bzw. der Menge des Kraftstoff-Luft-

Gemischs wird dabei über die Änderung der Nockenwellenverstellung, insbesondere der Einlass-und/oder Auslassnockenwellenverstellung, oder die Änderung der variablen Ventilverstellung beeinflusst und an dieser Änderung mittels Schwellwerten gemessen (Ein-/Auslassnockenwellenänderungsschwellwert bzw. zweiter Ventiländerungsschwellwert).

In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung wird zusätzlich zu der schnellen Verkleinerung des Verstellwinkels ein Frühverstellwinkel zu dem Verstellwinkel und dem Grundzündwinkel addiert, so dass der Basiszündwinkel nun aus der Summe aus Verstellwinkel, Grundzündwinkel und Frühverstellwinkel gebildet wird. Der Frühverstellwinkel ist dabei ein negativer Wert. Dabei wird für jeden physikalischen Vorgang ein anderer, vorgebbarer, applizierbarer Frühverstellwinkel vorgesehen: ein erster Frühverstellwinkel für die Änderung der Abgasrückführungsrate, ein zweiter Frühverstellwinkel für die Änderung der Intensität der Bewegung des Kraftstoff-Luft-Gemischs und ein dritter Frühverstellwinkel für die Änderung der Menge der zugeführten Frischluft sowie der Menge des Kraftstoff-Luft-Gemischs. Der erste, zweite und/oder dritte Frühverstellwinkel sind in dem Mikroprozessor gespeichert.

Die schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels kann in weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung sowohl für alle Zylinder gleichzeitig als auch zylinderindividuell erfolgen. Die zylinderindividuelle Verstellung berücksichtigt dabei die individuellen Eigenschaften der Brennkraftmaschinen-Zylinder, eine schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels für alle Zylinder gleichzeitig kann demgegenüber unter Umständen das Heranführen an die Klopfgrenze noch schneller bewirken.

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel muss auch die Klopferkennung an die veränderten Umstände durch die Änderung der der Abgasrückführungsrate, die Änderung der Intensität der Bewegung des Kraftstoff-Luft-Gemischs und die Änderung der Menge der zugeführten Frischluft sowie der Menge des Kraftstoff-Luft-Gemischs angepasst werden. Dies geschieht dadurch, dass der Nachführfaktor N verkleinert wird. Somit kann der zylinderindividuelle Referenzwert $U_{REF,neu}$ schnell an die aktuellen Bedingungen angepasst werden.

5

Ansprüche

- 10 1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei
dem in mindestens einem Zylinder eine Verbrennung eines in
den Zylinder eingebrachten Kraftstoffs in einem Kraftstoff-
Luft-Gemisch stattfindet, wobei mittels mindestens einer
15 Stelleinrichtung mindestens ein physikalischer Vorgang
beeinflusst wird, der die Verteilung der Bestandteile
und/oder die Gesamtzusammensetzung des Kraftstoff-Luft-
Gemischs in dem mindestens einen Zylinder verändert, wobei
bei Auftreten von Klopfen mittels einer Klopfregelung ein
20 Zündwinkel in dem mindestens einen Zylinder stufenweise von
einem Grundzündwinkel um einen Verstellwinkel nach Spät
verstellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn die
Verstellung der mindestens einen Stelleinrichtung einen
vorgebbaren ersten Schwellwert und/oder die Änderung des
mindestens einen physikalischen Vorgangs einen vorgebbaren
25 zweiten Schwellwert überschreitet, der Verstellwinkel
schrittweise schnell verkleinert wird, wobei die schnellere
Verkleinerung durch eine größere Schrittweite und/oder durch
eine höhere Frequenz der Schritte erfolgt.
- 30 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass als Stelleinrichtung mindestens ein
Abgasrückführungsventil und/oder mindestens eine Ein-
und/oder Auslassnockenwellenverstellung oder eine variable
Ventilverstellung dient, wobei als physikalischer Vorgang
35 eine Rate des rückgeführten Abgases beeinflusst wird, wobei

eine schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels erfolgt,
wenn die Änderung der Rate des rückgeführten Abgases einen
vorgebbaren Ratenänderungsschwellwert überschreitet und/oder
wenn die Änderung der Abgasrückführungsventilverstellung
5 einen vorgebbaren Abgasrückführungsventiländerungs-
schwellwert überschreitet und/oder wenn die Änderung der
Ein- und/oder Auslassnockenwellenverstellung einen
vorgebbaren Ein- und/oder
Auslassnockenwellenänderungsschwellwert überschreitet
10 und/oder wenn die Änderung der variablen Ventilverstellung
einen vorgebbaren ersten Ventiländerungsschwellwert
überschreitet.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
15 dass bei Überschreitung des Ratenänderungsschwellwerts
und/oder des Abgasrückführungsventiländerungsschwellwerts
und/oder des Ein- und/oder
Auslassnockenwellenänderungsschwellwerts und/oder des ersten
Ventiländerungsschwellwerts zu dem Grundzündwinkel
20 zusätzlich ein erster Frühverstellwinkel addiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
gekennzeichnet, dass als Stelleinrichtung mindestens eine
Ladungsbewegungsklappe dient, wobei als physikalischer
25 Vorgang eine Intensität der Bewegung des Kraftstoff-Luft-
Gemischs beeinflusst wird, wobei eine schnelle Verkleinerung
des Verstellwinkels erfolgt, wenn die Änderung der Stellung
der Ladungsbewegungsklappe einen vorgebbaren
Ladungsbewegungsklappenänderungsschwellwert überschreitet.
30

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
dass bei Überschreitung des Ladungsbewegungsklappen-
änderungsschwellwerts zu dem Grundzündwinkel zusätzlich ein
zweiter Frühverstellwinkel addiert wird.
35

- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Stelleinrichtung mindestens eine Ein- und/oder Auslassnockenwellenverstellung oder eine variable Ventilsteuerung dient, wobei als physikalischer Vorgang die Menge der zugeführten Frischluft oder die Menge des zugeführten Kraftstoff-Luft-Gemischs beeinflusst wird, wobei eine schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels erfolgt, wenn die Änderung der Ein- und/oder Auslassnockenwellenverstellung einen vorgebbaren Ein- und/oder Auslassnockenwellenänderungsschwellwert überschreitet und/oder wenn die Änderung der variablen Ventilverstellung einen vorgebbaren zweiten Ventiländerungsschwellwert überschreitet.
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei Überschreitung des Ein- und/oder Auslassnockenwellenänderungsschwellwerts und/oder des zweiten Ventiländerungsschwellwerts zu dem Grundzündwinkel zusätzlich ein dritter Frühverstellwinkel addiert wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels für alle Zylinder gleichzeitig erfolgt.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die schnelle Verkleinerung des Verstellwinkels zylinderindividuell erfolgt.
- 25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei Aktivierung der schnellen Verkleinerung des Verstellwinkels ein Nachführfaktor für die Berechnung eines Referenzwerts der Klopferkennung geändert wird.
- 30

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch
gekennzeichnet, dass die schnelle Verkleinerung des
Verstellwinkels unterbrochen wird, wenn Klopfen auftritt
5 und/oder wenn eine Last- und/oder Drehzahldynamik vorliegt.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/02941

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D37/02 F02D41/40 F02P5/152 F02D21/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F02P F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 041 756 A (BONNE MICHAEL A) 28 March 2000 (2000-03-28) figure 1 column 2, line 11 - line 24 column 3, line 16 - line 24 column 4, line 19 - line 31 column 4, line 65 - column 5, line 45	1,2
A	GB 2 055 961 A (BOSCH GMBH ROBERT) 11 March 1981 (1981-03-11) figure 1 page 1, line 74 - line 124 page 2, line 61 - page 3, line 70 page 3, line 32 - line 62 --- -/-	1,2,4,8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 December 2001

Date of mailing of the international search report

27/12/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lapeyronnie, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 01/02941

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 846 130 A (JENSEN EDWARD J) 11 July 1989 (1989-07-11) figure 6 column 1, line 7 - line 10 column 8, line 48 - column 9, line 16 -----	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 106 (M-213), 10 May 1983 (1983-05-10) & JP 58 028531 A (TOYOTA JIDOSHA KOGYO KK), 19 February 1983 (1983-02-19) abstract -----	1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 208 (M-709), 15 June 1988 (1988-06-15) & JP 63 012861 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 20 January 1988 (1988-01-20) abstract -----	1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 378 (M-546), 17 December 1986 (1986-12-17) & JP 61 169641 A (TOYOTA MOTOR CORP), 31 July 1986 (1986-07-31) abstract -----	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 12, 29 October 1999 (1999-10-29) & JP 11 190236 A (YAMAHA MOTOR CO LTD), 13 July 1999 (1999-07-13) abstract -----	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 014 (M-553), 14 January 1987 (1987-01-14) & JP 61 190119 A (TOYOTA MOTOR CORP), 23 August 1986 (1986-08-23) abstract -----	1,2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/02941

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6041756	A	28-03-2000	NONE	
GB 2055961	A	11-03-1981	DE 2929907 A1 JP 56020733 A	19-02-1981 26-02-1981
US 4846130	A	11-07-1989	NONE	
JP 58028531	A	19-02-1983	NONE	
JP 63012861	A	20-01-1988	JP 2515300 B2	10-07-1996
JP 61169641	A	31-07-1986	NONE	
JP 11190236	A	13-07-1999	NONE	
JP 61190119	A	23-08-1986	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/02941

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D37/02 F02D41/40 F02P5/152 F02D21/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D F02P F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 041 756 A (BONNE MICHAEL A) 28. März 2000 (2000-03-28) Abbildung 1 Spalte 2, Zeile 11 - Zeile 24 Spalte 3, Zeile 16 - Zeile 24 Spalte 4, Zeile 19 - Zeile 31 Spalte 4, Zeile 65 - Spalte 5, Zeile 45	1,2
A	GB 2 055 961 A (BOSCH GMBH ROBERT) 11. März 1981 (1981-03-11) Abbildung 1 Seite 1, Zeile 74 - Zeile 124 Seite 2, Zeile 61 - Seite 3, Zeile 70 Seite 3, Zeile 32 - Zeile 62 --- -/--	1,2,4,8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Dezember 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/12/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lapeyronnie, P

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 846 130 A (JENSEN EDWARD J) 11. Juli 1989 (1989-07-11) Abbildung 6 Spalte 1, Zeile 7 - Zeile 10 Spalte 8, Zeile 48 - Spalte 9, Zeile 16	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 106 (M-213), 10. Mai 1983 (1983-05-10) & JP 58 028531 A (TOYOTA JIDOSHA KOGYO KK), 19. Februar 1983 (1983-02-19) Zusammenfassung	1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 208 (M-709), 15. Juni 1988 (1988-06-15) & JP 63 012861 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 20. Januar 1988 (1988-01-20) Zusammenfassung	1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 378 (M-546), 17. Dezember 1986 (1986-12-17) & JP 61 169641 A (TOYOTA MOTOR CORP), 31. Juli 1986 (1986-07-31) Zusammenfassung	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 12, 29. Oktober 1999 (1999-10-29) & JP 11 190236 A (YAMAHA MOTOR CO LTD), 13. Juli 1999 (1999-07-13) Zusammenfassung	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 014 (M-553), 14. Januar 1987 (1987-01-14) & JP 61 190119 A (TOYOTA MOTOR CORP), 23. August 1986 (1986-08-23) Zusammenfassung	1,2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/02941

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6041756	A	28-03-2000	KEINE		
GB 2055961	A	11-03-1981	DE	2929907 A1	19-02-1981
			JP	56020733 A	26-02-1981
US 4846130	A	11-07-1989	KEINE		
JP 58028531	A	19-02-1983	KEINE		
JP 63012861	A	20-01-1988	JP	2515300 B2	10-07-1996
JP 61169641	A	31-07-1986	KEINE		
JP 11190236	A	13-07-1999	KEINE		
JP 61190119	A	23-08-1986	KEINE		